

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

04 NOV 2004

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年11月20日 (20.11.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/095155 A1

(51) 国際特許分類7:

B25J 13/00, 5/00

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒100-8921 東京都千代田区霞ヶ関1丁目3番1号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP03/05692

(22) 国際出願日:

2003年5月7日 (07.05.2003)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(72) 発明者; および

(26) 国際公開の言語:

日本語

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 金子 健二 (KANEKO, Kenji) [JP/JP]; 〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 横井 一仁 (YOKOI, Kazuhito) [JP/JP]; 〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第

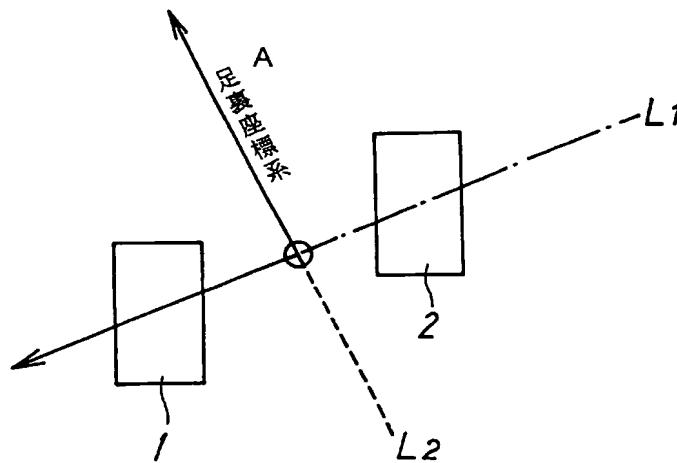
(30) 優先権データ:

特願2002-131120 2002年5月7日 (07.05.2002) JP

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING WALKING OF LEGGED ROBOT

(54) 発明の名称: 脚式ロボットの歩行制御方法及びその装置



(57) Abstract: A method and a device for controlling the walking of a legged robot for stably controlling the attitude thereof, the method comprising the steps of controlling the attitude of the robot with different control characteristics in each coordinate axis direction by using, as a control coordinate system, a sole coordinate system at least having coordinate axes in a direction connecting the soles of both legs to each other and a direction orthogonal to that direction in a horizontal plane basically on a sole position basis: the device comprising a sole position sensor for detecting the sole position of a ground-contact leg, a ground-contact leg sensor for detecting the state of the ground-contact leg or an action generating device for generating the state of the ground-contact leg, a control device for controlling the walking by using, as the control coordinate system, a coordinate

WO 03/095155 A1

A...SOLE COORDINATE SYSTEM

system with reference to a direction for connecting the soles of the ground-contact legs to each other according to the detected sole position and state of the ground-contact leg, and a leg part actuator controlled by the control device.

(57) 要約: 本発明は、脚式ロボットにおける姿勢を安定制御するための歩行制御方法及び装置を提供するもので、この脚式ロボットの歩行制御は、基本的には、足裏位置を基準にし、少なくとも両脚の足裏を結ぶ方向および水平面内でそれと直交する方向の座標軸をもつ足裏座標系を制御座標系として、各座標軸方向のそれぞれについて異なる制御特性の姿勢制御を行うものであり、そのための脚式ロボットには、接地脚の足裏位置を検出する足裏位置センサ、接地脚の状態を検出する接地脚センサもしくは接地脚の状態を生成する動作生成装置、検出した接地脚の足裏位置および接地脚の状態に応じて脚の足裏を結ぶ方向を

[続葉有]



2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).
 金広 文男 (KANEHIRO,Fumio) [JP/JP]; 〒305-8568
 茨城県 つくば市 梅園1-1-1 中央第2 独立行政法
 人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 梶田 秀司
 (KAJITA,Shuji) [JP/JP]; 〒305-8568 茨城県 つくば
 市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研
 究所内 Ibaraki (JP). 藤原 清司 (FUJIWARA,Kiyoshi)
 [JP/JP]; 〒305-8568 茨城県 つくば市 梅園1-1-1 中央
 第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki
 (JP). 比留川 博久 (HIRUKAWA,Hirohisa) [JP/JP]; 〒
 305-8568 茨城県 つくば市 梅園1-1-1 中央第2 独立行
 政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 林 宏 外 (HAYASHI,Hiroshi et al.); 〒160-
 0023 東京都 新宿区 西新宿 1 丁目 9 番 1 2 号 第一大
 正建物ビル 林宏特許事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
 BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
 DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
 LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ,
 OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ,
 TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA,
 ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,
 SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,
 AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許
 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
 GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
 OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
 ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
 — 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
 各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
 のガイダンスノート」を参照。

明細書

脚式ロボットの歩行制御方法及びその装置

5 [技術分野]

本発明は、脚式ロボットの歩行制御方法及びその装置に関し、さらに具体的には、脚式ロボットにおける姿勢を安定制御できる制御方法及びその制御機能を備えた歩行制御装置に関するものである。

10 [背景技術]

従来における脚式ロボットの制御装置は、例えば、特開平11-300660号公報に記載されているように、脚式ロボットの進行方向を1軸を持つ直交座標系（進行方向座標系）を基準として、安定制御系が設計されて、例えば、歩行制御装置が作製されている。

15 従来においては、脚式ロボットの歩行パターンは、上記進行方向座標系を基準に設計されてきたことから、当然ながら、その進行方向座標系を用いて制御系が設計され、安定制御系の制御装置が作られてきた。このような進行方向座標系による制御系は、人間の直感に合致することから、この制御系の構築はシステムの設計手法からは妥当なものである。

20 しかしながら、進行方向座標系で設計された制御装置では、例えば、脚式ロボットにおいて、接地脚の移動に伴って、必然的に安定な歩行制御系を構築することは困難である。すなわち、脚式ロボットが歩行する場合において、例えば、二足歩行する場合においては、その歩行状態により姿勢が変化し、姿勢変化により制御パラメータが変動するばかりか、時々刻々変化する姿勢によって、脚部のリンク構造から、必然的にロボット身体の剛性が変化することになり、25 制御系が発振してしまうこともある。このため、多種多様な歩行パターンに対して安定した歩行制御系を構築することは困難であった。

このため、安定した歩行制御系を構築するには、頻繁に試行錯誤的に制御系のパラメータ調整が必要であった。例えば、進行方向座標系において歩行パタ

ーンの安定した制御系を構築するためには、制御信号の入力に重み付けを行い、制御系の剛性を落として発振を回避しながら制御系を構成することになるが、この場合には、逆に制御系の特性を所望の特性に設定することが困難であるという問題点があった。

5

〔発明の開示〕

本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、脚式ロボットにおける姿勢を安定制御するための制御系を備えた歩行制御方法及びその装置を提供することにある。

10

上記目的を達成するため、本発明に係る脚式ロボットの歩行制御方法は、基本的には、足裏位置を基準にし、少なくとも接地脚の足裏を結ぶ方向もしくは接地脚の足裏と接地しようとしている遊脚の足裏を結ぶ方向（以下、これを単に脚の足裏を結ぶ方向という。）および水平面内でそれと直交する方向の座標軸をもつ座標系（以下、足裏座標系と称す。）を歩行制御のための制御座標系として歩行制御を行うことを特徴とするものである。

15

上記歩行制御方法においては、水平面内における足裏座標系の各座標軸方向のそれぞれについて、異なる制御特性の姿勢制御を行い、また、脚式ロボットに設けた接地状態センサもしくは動作生成装置により検出された接地脚の状態により、制御特性を変更することになる。

20

一方、本発明に係る脚式ロボットの歩行制御装置は、基本構成として、その脚式ロボットが、ロボット本体部および脚部を備え、更に、足裏位置を基準にし、脚の足裏を結ぶ方向、水平面内でそれと直交する方向、および鉛直方向の座標軸をもつた足裏座標系を歩行制御のための制御座標系とする制御装置、前記制御装置により駆動制御される脚部アクチュエータを備えている。

25

更に具体的に説明すると、上記脚式ロボットは、その脚部に、制御座標系の基準位置となる足裏位置を検出する足裏位置センサを備えている。この足裏位置センサは、例えば、関節の回転角を検出する回転角センサの出力とリンク形状データから、運動学に基づいて足裏位置を算出する構成でも良い。また、接地脚の状態を検出する接地脚センサもしくは接地脚の状態を生成する動作生

成装置を備え、制御装置において、検出した足裏位置および状態に応じて上記足裏座標系を歩行制御のための制御座標系として脚部アクチュエータを制御する。

5 また、本発明による脚式ロボットの歩行制御装置において、制御装置は、足裏座標系において制御パラメータの入力を行い、入力した制御パラメータにより制御特性を設定する。この場合に、接地状態センサもしくは動作生成装置により検出された接地脚の状況に対応して制御特性を変更する。

10 更に、上記制御装置は、座標変換手段を備え、足裏座標系での制御特性を、センサ自体が内蔵している座標系であるセンサ座標系、脚式ロボットが進行する方向を基準にした座標系である進行方向座標系、または脚式ロボットのボディを基準にした座標系であるボディ座標系のいずれかに変換して制御パラメータを得る。これにより、上記進行方向座標系もしくはボディ座標系などに換算して制御を行うことができる。このように、接地脚の状況により、また、座標系を変更して、その制御特性を動的に変更し、安定制御を行うようにすること15 で、脚式ロボットの歩行制御安定性が向上する。

15 すなわち、本発明による脚式ロボットの歩行制御装置においては、制御装置は、歩行状態（例えば、接地脚の状況）により制御装置自体を切り替えるのではなく、接地状態センサもしくは動作生成装置により検出された接地脚の状況により、制御装置の制御特性を変更する。

20 更に、本発明の脚式ロボットの歩行制御装置の好ましい実施形態においては、制御装置が、センサ自体が内蔵しているセンサ座標系において検出したセンサ情報を、脚の足裏を結ぶ方向を基準にした足裏座標系に変換する座標変換手段、進行方向座標系において記述された動作パターン情報を、脚の足裏を結ぶ方向を基準にした足裏座標系に変換する座標変換手段を備え、また、足裏座標系において生成された制御信号を、他の座標系（例えば、センサ座標系、進行方向座標系、ボディ座標系）の信号に変換して歩行制御を行うものである。

25 一般に、脚式ロボットにおいては、歩行姿勢により制御パラメータ変動が起き、また、歩行の姿勢によりロボットの剛性が変化する。例えば、具体的に二足歩行ロボットを例として説明すると、両脚の足裏を結ぶ方向には、両脚によ

り閉リンク構造ができているため剛性が高く、倒れがたいものとなっている。一方、この両脚の足裏を結ぶ方向に直交する方向については、両脚による閉リンク構造を構成しないため、脚式ロボットの歩行姿勢について剛性が低く、倒れやすいものとなっている。

5 そこで、本発明による脚式ロボットの歩行制御装置においては、歩行姿勢の制御を行う歩行制御系を、脚式ロボットの歩行制御に適した座標系として、前記足裏位置を基準にした足裏座標系を用いるようにしている。具体的には、前述した脚の足裏を結ぶ方向、水平面内でそれと直交する方向、および鉛直方向の各方向からなる座標系を用いて、歩行制御系を設計・構築する。これにより、歩行姿勢において安定した制御系を設計・構築することができる。

10 また、本発明の歩行制御装置においては、足裏座標系を用いて歩行制御を行うので、足裏座標系に座標変換を行う座標変換手段を備えて、例えば、センサ座標系でのセンサ情報や進行方向座標系で記述された歩行パターン等については、足裏座標系に座標変換し、また、足裏座標系において生成された制御信号から逆変換を行い、進行方向座標系で記述された歩行パターンを実現する制御系を設計・構築する。これにより、所望の特性をもった制御系の設計・構築が容易に実現できる。

[図面の簡単な説明]

20 図1は、本発明を実施する脚式ロボットの構造を概略的に示す説明図である。

図2は、脚式ロボットの歩行制御を行う場合について接地脚の位置の状態についての斜視説明図である。

図3は、本発明にかかる足裏座標系の説明図である。

25 図4は、足裏座標系による異方向性を持つ復帰モーメントを説明図する図である。

図5は、片脚支持期における足裏座標系の復帰モーメントについての説明図である。

[発明を実施するための最良の形態]

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

図1および図2において、1は左足、2は右足であり、それらによって支えられるロボット本体部7には、姿勢制御装置5を備えている。上記右足2の構成について具体的に説明すると、2aは上部基板、2bは接地基板、3は足部を構成する低剛性部材、4は足部関節設置部であり、また、6aはロボット本体部7に連なる第1脚部、6bはその下方の第2脚部であり、8aはロボット本体部7と第1脚部6aとの間に設けられた第1の関節モータ、8bは第1脚部6aと第2脚部6bとの間に設けられた第2の関節モータ、8cは第2脚部と足部関節設置部4との間に設けられた第3の関節モータである。

なお、ここでは右足2の構成についてのみ説明したが、左足1についても同様の構成を備えていることは勿論である。また、以下においては、上記第1乃至第2脚部6a、6b及び第1乃至第3の関節モータ8a～8cによって構成される部分を単に脚部と呼ぶ。

図示を省略しているが、左足1および右足2には、それぞれ低剛性部材3の中に接地状態センサとして機能する圧力センサが設けられている。また、ロボット本体部7には、その傾き等を検出するための図示しない姿勢センサが設けられ、更に、関節モータ8a～8cによる関節の回転角を検出する回転角センサの角度データと、第1乃至第2脚部6a、6bによって構成されるリンクの形状データ等から足裏位置を算出する足裏位置センサが設置される。

そして、左足1および右足2の位置については、姿勢制御装置5において、上記姿勢センサ並びに足裏位置センサの出力に基づき、初期設定位置から、歩行制御を行って動作させたロボットの脚部の移動位置までが算出して求められる。また、姿勢制御装置5の中には、後述する座標変換を行って制御データ等を生成し、関節モータ8a～8c等の脚部アクチュエータに対して制御信号を出力する動作制御用コンピュータ（制御装置）が設けられている。

脚式ロボットの歩行制御については、ロボット本体部7に設けられた姿勢制御装置5における動作制御用コンピュータが、ロボットの脚部を動作させて、つまり、脚部アクチュエータを制御して左足1および右足2を動作させ、歩行パターンにしたがって歩行制御を行うように構成され、機能的には、脚部の状

態を生成して制御を行う動作生成装置 5 の動作制御用コンピュータから出力される制御信号により、脚部アクチュエータを制御して、左足 1 および右足 2 を動作させ、歩行パターンにしたがって歩行制御が行われる。

5 脚式ロボットの歩行制御を行う場合、その脚式ロボットにおいては、歩行姿勢によりパラメータ変動が起きる。また、歩行の姿勢によっては、ロボット本体部 7 や脚部のメカニカルな剛性が変化する。すなわち、二足歩行ロボットの歩行姿勢については、図 2 に示すように、接地脚について、両脚（左足 1 および右足 2）の足裏を結ぶ L 1 方向（以下、長手方向と称す）には、両脚により閉リンク構造ができているために剛性が高く、矢印 A 方向には倒れがたい状態となっており、また、この長手方向に直交する L 2 方向（以下、短手方向と称す）については、両脚による閉リンク構造を構成しないため、剛性が低く、矢印 B 方向には倒れやすいものとなっている。

10 このため、本発明においては、脚式ロボットの歩行制御における安定制御のために、この長手方向および短手方向のそれぞれについて、異なる制御特性を持たせて制御系を設定する。つまり、二足歩行ロボットにおいては、上述したように方向（長手方向および短手方向）に応じてそれぞれ特性があり、これが変化する。そこで、二足歩行ロボットの歩行制御系としては、図 3 に示すように、脚の足裏を結ぶ方向を基準とした直交座標系である足裏座標系を設定し、歩行制御を行う。しかも、この足裏座標系では、脚式ロボットを歩行させた場合、ロボットの足裏位置が変化するため、足裏座標系の座標軸が動的に変化する。このため、歩行制御を行うについては、制御を行うタイミングに応じて、接地脚（左足 1 および右足 2）の位置を検出し、この検出した脚の足裏を結ぶ方向に基づいて、足裏座標系を設定し、その足裏座標系に従って歩行制御を行う。

15 20 25 両脚接地時の姿勢制御では、図 4 に示すように、長手方向軸（L 1）まわりの転倒に対しては、強い踏ん張り力で姿勢を復帰するように制御を行う。一方、短手方向軸（L 2）まわりの転倒に対しては、両足間隔が広い（長い）ことから、弱い踏ん張り力でも、傾いたロボットの胴体（ロボット本体部 7）を復帰させるモーメントを稼げるため、弱い踏ん張り力で姿勢を復帰さるように制

御を行う。

5

また、歩行制御において、片脚支持の状態が介在するが、この場合においても、次に説明するように、制御装置を切り替えることなく、両脚支持状態での制御と全く同じに、足裏座標系を設定し、その足裏座標系に従って歩行制御を行う。つまり、片脚の状態においては、図5に示すように、その剛性については、前述した長手方向および短手方向のいずれの方向についても弱いので、これらの方向とも、強い踏ん張り力で姿勢を復帰するように制御を行う。

10

15

足裏座標系に基づく姿勢制御に関してより具体的に説明を行うと、傾いたロボットの胴体（ロボット本体部7）を復帰させるためには、接地脚の足裏による踏ん張り力により姿勢を復帰させるが、物理的には、足裏から床面に対する補償モーメントを発生することにより姿勢の復帰を行う。前述のように、接地脚の状況により長手方向と短手方向の剛性が異なるため、異方性（方向により異なる制御特性）を持たせて制御系を設計し、構築する必要がある。その制御系は、例えば、次の式1に示されるように、足裏座標系の各軸方向について非干渉化された線形システムの制御系を構成し、補償モーメントを発生させるものである。

$${}^F \mathbf{M} = \mathbf{K}_p {}^F \mathbf{B} {}^F \Delta \theta + \mathbf{K}_v {}^F \mathbf{B} {}^F \Delta \dot{\theta} \quad (1)$$

ここで、

左上の添え字F：足裏座標系を意味する。

20

M：復帰モーメントベクトル

$\Delta \theta$ ：胴体の傾きベクトル

K_p ：胴体の傾きの比例ゲイン

K_v ：胴体の傾きの速度ゲイン

B：踏ん張り力を決定する重み行列

25

である。

なお、この重み行列Bは、 2×2 行列の場合、具体的には、

$${}^F \mathbf{B} = \begin{bmatrix} b & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

で与えられる。

ただし、bは0以上1以下の数値で、長手方向軸まわりの強い踏ん張り力を1とした時の短手方向軸まわりの踏ん張り力の割合を意味する。

一方、ロボット本体部7の傾きを検出する姿勢センサ等の、制御系へのフィードバックに使用するセンサは、両脚の位置関係により軸方向が変化する足裏座標系で検出される訳ではなく、通常、胴体等に固定されたセンサ座標系で検出される。したがって、式1における変数の胴体の傾きベクトル $\Delta \theta$ は、式3-1および式3-2に示すような「センサ座標系→足裏座標系」間の座標変換を行う必要がある。

$${}^F \Delta \theta = {}_s^F \mathbf{R} {}^s \Delta \theta \quad (3-1)$$

$${}^F \Delta \dot{\theta} = {}_s^F \mathbf{R} {}^s \Delta \dot{\theta} \quad (3-2)$$

ここで、左上の添え字Sは、センサ座標系を意味し、また、Rは座標変換を表す記号で、Rの左下の添え字で表記された座標系データを、Rの左上の添え字で表記された座標系データに変換する座標変換行列として与えられる。

一方、歩行パターンは、通常、足裏座標系とは異なる座標系、進行方向座標系で記述されており、例えばボディ正面を常に進行方向に向けて歩行する場合は、ボディを基準としたボディ座標系で記述されている。したがって、所望の安定な制御系を構築するためには、式1により算出された足裏座標系での補償信号を、式4に示すようにボディ座標系の信号に座標変換を行い、最終的には歩行パターンに補償を加え制御を行う必要がある。

$${}^B_M = {}^B_F R {}^F_M \quad (4)$$

なお、添え字Bはボディ座標系を示している。

以上をまとめると、姿勢制御装置5において次の式5に示される制御系を構成して、ボディ座標系における補償モーメントを発生させるようになるのが、
5 脚式ロボットの安定制御のために有効である。

$${}^B_M = {}^B_F R K_p {}^F B {}^F_s R {}^s \Delta \theta + {}^B_F R K_v {}^F B {}^F_s R {}^s \Delta \dot{\theta} \quad (5)$$

この式5から分かるように、ボディ座標系で考えた場合、歩行姿勢によりゲインが可変となり、多種多様な歩行パターンに対して、式1で表現される所望の制御系を、安定に構築することができる。

10 なお、式4と式5の「足裏座標系→ボディ座標系」への座標変換を、「足裏座標系→進行方向座標系」への座標変換に置換することからも分かるように、進行方向座標系で考えた場合においても、歩行姿勢によりゲインが可変となり、多種多様な歩行パターンに対して、式1で表現される所望の制御系を、安定に構築することができる。

15 また、脚式ロボットの歩行制御の場合には、接地脚の状態によりモードを切替える場合が多いが、モードの切替は制御システムを複雑にするばかりか、時には、不安定な制御系を構成することになる。そのため、ここでは、式2における重み付けを連続的に変えることにより、これに対応して制御系を構成する。具体例として、二足歩行ロボットを例にして説明すると、図5に示すように、
20 片脚支持期については、全ての方向に対して、「強い足裏による踏ん張り力」が必要であると同時に、式1により算出される復帰モーメントを不連続に変化させると、場合によっては、転倒に至る時がある。このため、連続して変化させる必要がある。そこで、接地脚の状態を検出する接地状態センサ、もしくは接地脚の状態を生成する動作生成装置による歩行パターンから、片脚支持期または両脚支持期の判別を行い、この判別に基づき式2で与えられる「重みb」

を連続的に変化させて、片脚支持期においては「 $b = 1$ 」となるようにする。

5

以上に説明したように、本発明による歩行制御装置においては、足裏座標系を用いて歩行制御を行うようにしているので、足裏座標系に座標変換を行うための座標変換手段を備え、例えば、センサ座標系でのセンサ情報や進行方向座標系もしくはボディ座標系で記述された歩行パターン等については、足裏座標系に座標変換し、もしくは足裏座標系から逆変換を行い、進行方向座標系もしくはボディ座標系で記述された歩行パターンに補償を加えている。これにより、所望の特性をもった制御系の設計および構築が容易に実現できる。

請求の範囲

1. 脚式ロボットの歩行制御において、
足裏位置を基準にし、少なくとも脚の足裏を結ぶ方向および水平面内でそれ
と直交する方向の座標軸をもつ足裏座標系を歩行制御のための制御座標系と
して歩行制御を行う、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御方法。
2. 請求項1に記載の脚式ロボットの歩行制御方法において、
水平面内における足裏座標系の各座標軸方向のそれぞれについて、異なる制
御特性の姿勢制御を行う、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御方法。
3. 請求項2に記載の脚式ロボットの歩行制御方法において、
脚式ロボットに設けた接地状態センサもしくは動作生成装置により検出さ
れた接地脚の状態により、制御特性を変更する、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御方法。
4. ロボット本体部および脚部を備えた脚式ロボットの歩行制御装置にお
いて、
足裏位置を基準にし、脚の足裏を結ぶ方向、水平面内でそれと直交する方向、
および鉛直方向の座標軸をもつた足裏座標系を歩行制御のための制御座標系
とする制御装置を備えた、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御装置。
5. 請求項4に記載の脚式ロボットの歩行制御装置において、
脚部に足裏位置を検出する足裏位置センサを備え、
制御装置を、前記足裏位置センサにより検出した足裏位置を基準にして脚部
に設けた歩行のための脚部アクチュエータを制御するものとした、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御装置。
6. 請求項5に記載の脚式ロボットの歩行制御装置において、
脚部に脚の接地状態を検出する接地状態センサを備え、
制御装置を、足裏位置センサによって検出した足裏位置および接地状態セン

サによって検出した接地状態に応じて、脚の足裏を結ぶ方向を基準にした座標系に変更して歩行制御を行うものとした、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御装置。

7. 請求項 5 に記載の脚式ロボットの歩行制御装置において、
5 接地脚の状態を生成する動作生成装置を備え、
制御装置を、足裏位置センサによって検出した足裏位置および動作生成装置
によって検出した動作状態に応じて、脚の足裏を結ぶ方向を基準にした座標系
に変更して歩行制御を行うものとした、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御装置。

10 8. 請求項 5 に記載の脚式ロボットの歩行制御装置において、
制御装置を、足裏位置センサにより検出された足裏位置を基準にした座標系
において制御パラメータの入力を行い、入力した制御パラメータにより制御特
性を設定するものとした、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御装置。

15 9. 請求項 6 または 7 に記載の脚式ロボットの歩行制御装置において、
制御装置が、接地状態センサもしくは動作生成装置により検出された接地
脚の状態により制御特性を変更するものとした、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御装置。

10. 請求項 6 または請求項 7 に記載の脚式ロボットの歩行制御装置におい
20 て、
制御装置が、センサ自体が内蔵している座標系において検出したセンサ情報
を接地脚の足裏位置を基準にした足裏座標系に変換する座標変換手段を備え
た、
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御装置。

25 11. 請求項 6 または請求項 7 に記載の脚式ロボットの歩行制御装置におい
て、
制御装置が、進行方向を基準にした座標系において記述された動作パターン
情報を、脚の足裏を結ぶ方向を基準にした足裏座標系の情報に変換する座標変
換手段を備えた、

ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御装置。

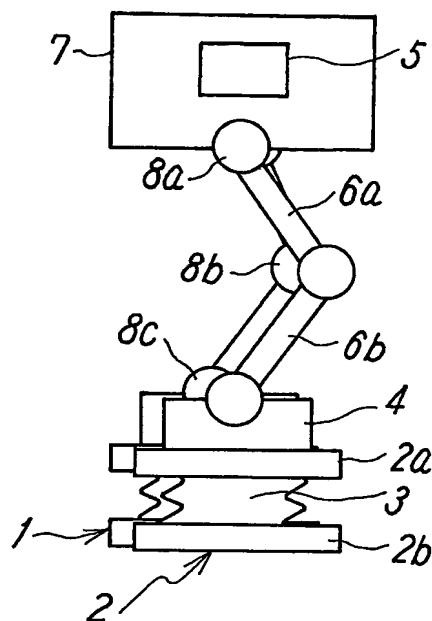
12. 請求項10または請求項11に記載の脚式ロボットの歩行制御装置において、

5 脚の足裏を結ぶ方向を基準にした足裏座標系において生成された信号を、センサ自身が内蔵している座標系であるセンサ座標系、脚式ロボットが進行する方向を基準にした座標系である進行方向座標系、または脚式ロボットのボディを基準にした座標系であるボディ座標系のいずれかの座標系に変換する座標変換手段を備えた、

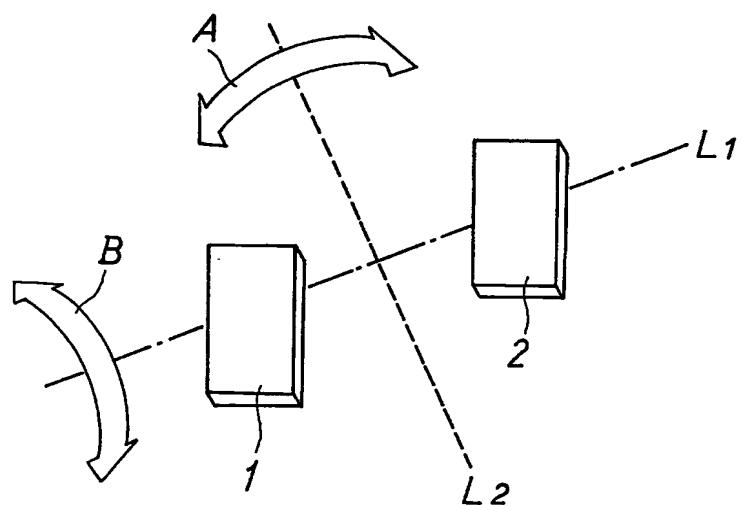
ことを特徴とする脚式ロボットの歩行制御装置。

10

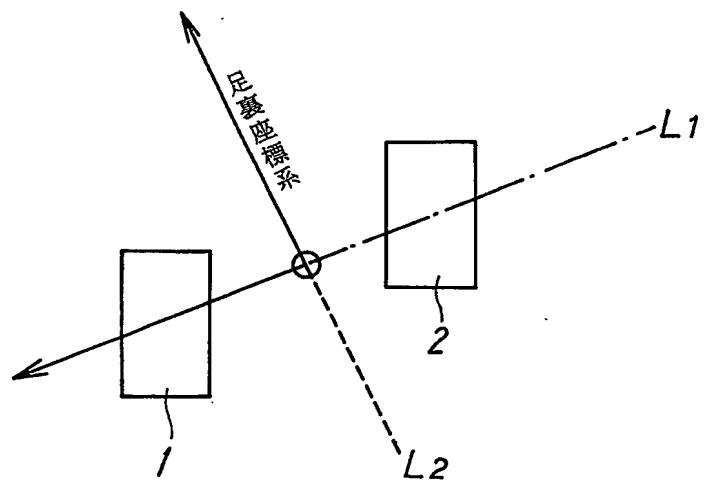
【図1】



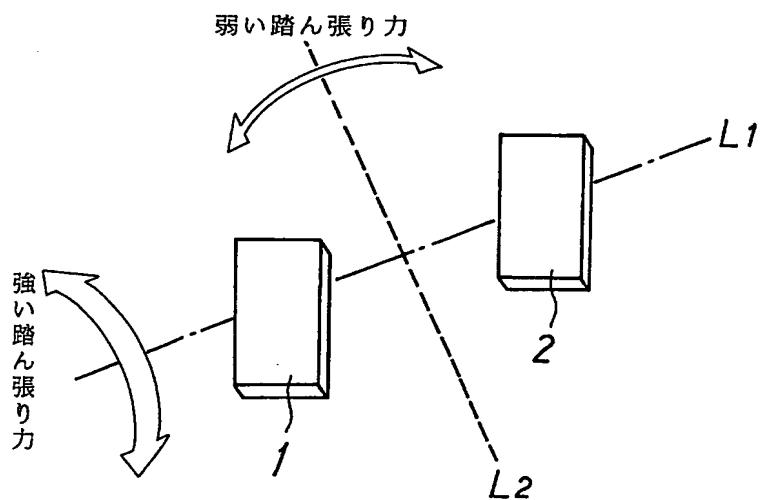
【図2】



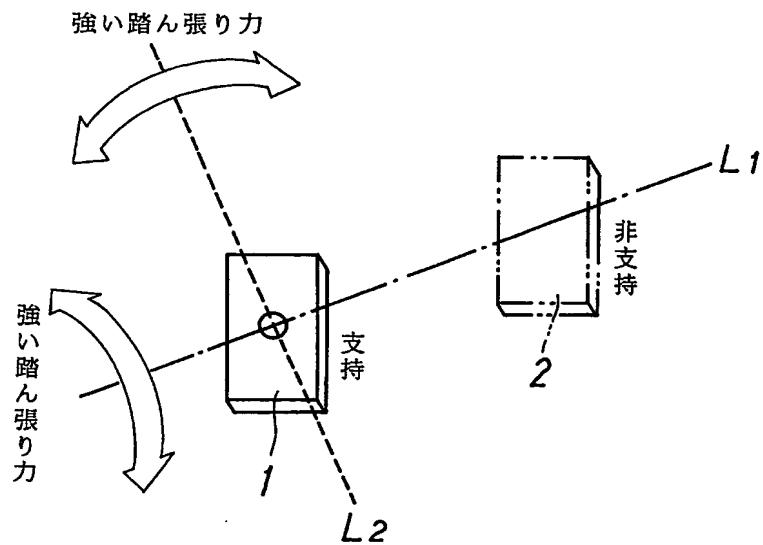
【図3】



【図4】



【図5】



符 号 の 説 明

- 1 左足
- 2 右足
- 2 a 上部基板
- 2 b 接地基板
- 3 低剛性部材
- 4 足部関節設置部
- 5 姿勢制御装置
- 6 a 第1脚部
- 6 b 第2脚部
- 7 ロボット本体部
- 8 a 第1の関節モータ
- 8 b 第2の関節モータ
- 8 c 第3の関節モータ

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05692

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.C1⁷ B25J13/00, B25J5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.C1⁷ B25J1/00-21/02, G05B19/18-19/46Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JOIS, IEEE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|------------------------|
| X | JP 2001-322076 A (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA), 20 November, 2001 (20.11.01), Par. Nos. [0076] to [0093]; Figs. 1, 3, 7 & EP 1291136 A1 & US 2003/0125839 A1 | 1-5 8 6, 7, 9-12 |
| Y | JP 2001-129775 A (Sony Corp.), 15 May, 2001 (15.05.01), Par. Nos. [0100] to [0103]; Figs. 10, 11 (Family: none) | 8 6, 7, 9-12 |
| A | US 5337235 A (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA), 09 August, 1994 (09.08.94), Full text; Fig. 7 & JP 5-253868 A | 1-12 |

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | "&" document member of the same patent family |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

| | |
|---|--|
| Date of the actual completion of the international search 05 August, 2003 (05.08.03) | Date of mailing of the international search report 19 August, 2003 (19.08.03) |
|---|--|

| | |
|--|--------------------|
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office | Authorized officer |
| Facsimile No. | Telephone No. |

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP03/05692

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl. 7 B25J13/00 B25J5/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl. 7 B25J1/00-21/02 G05B19/18-19/46

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS
IEEE

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| X | JP 2001-322076 A (本田技研工業株式会社), 2001.11.20, 段落【0076】-【0093】、図1、3、7&EP 1291136 A1&US 2003/0125839 A1 | 1-5 |
| Y | | 8 |
| A | | 6, 7, 9-12 |
| Y | JP 2001-129775 A (ソニー株式会社), 2001.05.15, 段落【0100】-【0103】、図10、11 (ファミリーなし) | 8 |
| A | | 6, 7, 9-12 |
| A | US 5337235 A (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA), 1994.08.09, 全文、図7&JP 5-253868 A | 1-12 |

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

| | |
|--|--|
| 国際調査を完了した日 05.08.03 | 国際調査報告の発送日 19.08.03 |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 特許庁審査官 (権限のある職員) 所村 美和 電話番号 03-3581-1101 内線 3324 |